Aus dem Anatomischen Institut der Freien Universität Berlin
(Leiter: Professor Dr. med. W. Schwarz)

Die Feinstruktur der Zungenmuskulatur bei der Ratte.

Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnarzt Paul-Michael Dressler
aus Mellensee / Mark Brandenburg

1974

Aus dem Anatomischen Institut der Freien Universität Berlin
(Leiter: Professor Dr. med. W. Schwarz)

Die Feinstruktur der Zungenmuskulatur bei der Ratte.

Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnarzt Paul-Michael Dressler
aus Mellensee / Mark Brandenburg

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546513_0096

Meiner Mutter gewidmet

		Seite
I.	Einleitung	1
II.	Material und Methode	5
III.	Befunde	7
IV.	Diskussion	11
V.	Zusammenfassung	19
VI.	Literaturverzeichnis	
VII.	Bildmaterial	

I. Einleitung

Entwicklungsgeschichtlich leitet sich die Zungenmuskulatur aus den Occipitalmyotomen her und wandert mit seinen Nerven in die Zungenanlage ein. Die Zellen sind vielkernig und entsprechen der quergestreiften Muskelzelle. Damit müssen sie eine große Ähnlichkeit mit den Muskelzellen der quergestreiften Skelettmuskulatur haben, obwohl sie zu der Eingeweidemuskulatur gerechnet werden.

Im Lichtmikroskop zeigt jede quergestreifte Muskelfaser im Inneren zahlreiche Myofibrillen, die abwechselnd dunkle breitere und helle schmalere Querbänder tragen. Im polarisierten Licht zeigen sich die dunklen Querstreifen als doppelbrechend (anisotrop = A - Streifen), die hellen einfachbrechend (isotrop = I - Streifen). Bei stärkerer Vergrößerung wird inmitten des A - Streifens eine zarte Zwischen-(Mittel)-Membran innerhalb des schwach isotropen H - Streifens sichtbar. In der Mitte der isotropen Sub-

stanz ist eine dünne anisotrope Membran sichtbar. Diese Segmentierung ergibt eine periodische Folge von Hunderten dunkler (breiterer) und heller (schmalerer) Streifen. Die parallel verlaufenden Myofibrillen liegen Seite an Seite im Sarkoplasma im Register, und so ergeben ihre entsprechenden Ausschnitte eine metamere Gliederung, die die typische Querstreifung der gesamten Muskelfaser bedingt.

Im Elektronenmikroskop können die Myofibrillen noch in kleinere Elemente, den Filamenten, die in der Längsrichtung der Zelle parallel orientiert sind, aufgelöst werden. Es existieren zwei Filamenttypen. Der dünnere entspricht dem Actin und der dickere dem Myosin. Diese Filamente haben verschiedene Längen und sind ineinander verzahnt. Von den Z - Streifen entspringen die dünnen Actinfilamente, die dort aufgefiedert miteinander verwoben sind. Sie reichen bis in das anisotrope A - Band und bilden bis zur Verzahnung mit den Myosinfilamenten den I - Streifen. Die dicken Filamente, die Myosinfäden, kommen nur im zentralen dich-

ten A - Band vor. Sie scheinen im zentralen M - Streifen seitlich miteinander verbunden zu sein.

Auch im Querschnitt erkennt man, daß die Myofibrillen aus zwei Arten von Filamenten bestehen. Die Actin- und Myosinfilamente zeigen alternierend eine dichte kristalline, hexagonale Packung. Die Myosinfilamente erscheinen in Sechseckanordnung um die Actinfilamente gelagert.

Im Elektronenmikroskop läßt sich weiterhin eine Differenzierung des sarkoplasmatischen Retikulums erkennen. Es zeigen sich Strukturen, die aus drei membranbegrenzten Bläschen zusammengesetzt sind. Diese "Triaden" sind durch eine kompakte Mittelschicht verbunden. Das mittlere Element ist ein membranbegrenzter Tubulus, der über die Zellmembran mit dem Extrazellularraum in Verbindung steht. Dabei ist der Übergang von Zellmembran und Tubulusmembran fließend. Diese Tubuli ziehen sich gewissermaßen als Invaginationen der Zellmembran transversal (T - System) durch die Muskelzelle und win-

den sich ringförmig um die Myofibrillen in Höhe der Grenze zwischen A - Band und I - Band. An das T - System lagern sich synapsenförmig zwei longitudinale Elemente (L-System) an und umspinnen netzförmig das A - Band und die beiden I - Bänder. Im Gegensatz zum T - System steht das L - System nicht dauernd mit dem Extracellulärraum in Verbindung.

Im Sarkoplasma zeigen sich mehr oder weniger Mitochondrien vom Crista - Typ. Sie haben verschiedene Größe. Außerdem sind Fett in Tropfenform (Depot - Fett) oder Glycogengranula in verschiedenen Stärken zu sehen.

Die Elemente und Substanzen des Sarkoplasmas sind in ihren Strukturen und ihren verschiedenen Anhäufungen charakteristisch für die Funktion der einzelnen Muskeltypen.

II. Material und Methode

Das Material für die vorliegende Untersuchung wurde aus der regio folliata der Rattenzunge entnommen. Die Tiere stammen aus einem Wistar-Inzuchtstamm.

Nach Entnahme der Proben erfolgte eine sofortige Fixierung in einer modifizierten Lösung nach Karnowski, zusammengesetzt aus 3% igem Glutaraldehyd und 3% igem Paraformaldehyd in Kakodylatpuffer (pH 7,2). Nach drei bis vier Stunden erfolgte die Nachfixierung mit 1% iger OsO_4 - Lösung für die Dauer einer Stunde. Nach Entwässerung in der aufsteigenden Acetonreihe wurden die Präparate in Mikropal (Fa. Farek, Berlin) eingebettet.

Zur Kontrolle von Schnittrichtung, Schnittstelle und zur Bestimmung geeigneter Stellen wurden vor Anfertigung von Dünnschnitten Semidickschnitte angefertigt, (0,5 - 1,0 µ). Die Semidickschnitte wurden mittels Platinösen auf Objektträger übertragen. Sie wurden mit einer 50% igen Giemsa-Lösung mit Boraxzusatz

gefärbt. Die Ultradünnschnitte (ca 300Å) konnten mit einem Reichert-Ultrotom hergestellt und auf elektolytisch hergestellte Objektträgernetze übertragen werden.
Die elektronenmikroskopische Untersuchung erfolgte im Siemens Elmiskop II. Die Primärvergrößerung der belichteten Platten betrug 6 000 - 22 000. Die Auswertung erfolgte auf positiven Papierabzügen nach erneuter 3,5 facher Vergrößerung.

III. Befunde

Elektronenmikroskopisch lassen die Myofibrillen der Rattenzungenmuskulatur die typische Segmentierung der quergestreiften Skelettmuskulatur erkennen. Die periodische Reihung der Sarkomere zeigt die charakteristischen Strukturen isotroper und anisotroper Substanzen (Abb. 1,2,3). Eine Periode besteht aus folgender Reihung: Z - Streifen - einem halben I - Band - einem ganzen A - Band, das durch die H - Zone mit ihrem M - Streifen halbiert wird, - einem halben I - Band und einem Z - Streifen. Die Breite des Z - Streifens bleibt konstant und entspricht der Myofibrillenbreite.

Elektronenmikroskopisch setzen sich die Myofibrillen aus einzelnen Filamenten zusammen. Man kann zwei Formen unterscheiden. Die dickeren Filamente bestehen aus Myosin und die dünneren aus Actin.

Die Fibrillenquerschnitte lassen die hexagonale Packung dieser Actin- und Myosinfilamente erkennen. Die Größe der Querschnittsflächen

schwankt erheblich. Dabei fällt auf, daß die Fibrillenquerschnitte von uneinheitlicher Gestalt sind. Durch Anlagerung aneinander entstehen Fibrillenbänder, die teilweise U-förmige Gebilde zeigen. (Abb. 4,5)

Die Mitochondrien liegen in reihenförmiger, unregelmäßig dichter Anordnung parallel zu den Myofibrillen (Abb. 3). Dabei kommt es häufig zu einer Unterbrechung in Höhe des Z - Streifens. An dieser Stelle stoßen die Mitochondrien breitbasig aneinander. Einem Sarkomer sind jeweils zwei Mitochondrien zugeordnet. Die Mitochondrien scheinen längs und quergetroffen sowohl im Längs- als auch im Querschnitt der Myofibrillen. Die Mitochondrien zeigen im Inneren locker gepackte Cristae mitochondrales. Bemerkenswert ist aber, daß hier neben den Cristae auch Tubuli auftreten. (Abb. 2)
Wir haben es hier mit einer Mischform zu tun, die bis jetzt in der quergestreiften Muskelzelle noch nicht beschrieben wurde.

Die Myofibrillen sind von einem reichgestalteten sarkoplasmatischen Retikulum umgeben.

In der Höhe der Z - Streifen finden wir die für die Skelettmuskulatur typischen Triaden. Sie bestehen aus den Tubuli des transversalen Systems mit lateralen Vesikeln des sarkoplasmatischen Retikulums. Auf den Längsschnitten erhält man fast ausschließlich Querschnitte der Tubuli des T - Systems (Abb. 2,3). Die quergetroffene Myofibrille zeigt deutlich längliche Abschnitte der transversalen Tubuli, die sich in die Fibrillenbänder einziehen (Abb. 4,5).

Die Tubuli des L - Systems erscheinen in den interfibrillären Protoplasmastraßen in unterschiedlichen Formen, die von solitären Vesikeln bis zu eingeschnürten Schläuchen mit vielfältigen Verzweigungen variieren können. Die Membranen sind nicht so ausgeprägt wie die der transversalen Tubuli,und das Lumen ist von dunklerer Farbe (Abb. 2).

T - System und L - System stoßen teilweise sehr dicht aneinander und bilden zwischen den abgeplatteten Mitochondrienpolen stark granulierte Gebilde, die teilweise von Mitochondrienausläufern umfaßt werden (Abb. 2,3). Im Quer-

schnitt bildet sich das L - System in perlenkettenartig aufgereihten Bläschen aus, die sich kontinuierlich um die Fibrillenbänder ziehen. (Abb. 3)

Bei der Muskulatur der Rattenzunge besteht wie bei der quergestreiften Skelettmuskulatur keine echte Kontinuität zwischen kontraktiler Substanz und Sehne. Wir finden am Muskelfaserende einen von der Zellmembran begrenzten Konus, der mit elektronendichten Granula gefüllt ist, aus dem sich kollagene Fibrillen zur Sehne vereinigen.
Interzellulär reichen diese Fibrillen bis in die Höhe des Myofibrillenansatzes (Abb. 6). Die weitere Peripherie der Muskelzelle ist frei von Bindegewebsfasern. Es zeigt sich, daß im weiteren Verlauf die einzelnen Muskelzellen durch eine gemeinsame Basalmembran verkittet sind. Die Zellmembranen zeigen vereinzelt Ausstülpungen, die die Verbindung zwischen Zellmembran und T - System darstellen (Abb. 7,8,9).

IV. Diskussion

Nach den elektronenmikroskopischen Befunden läßt sich eine große Ähnlichkeit zwischen der Skelettmuskulatur und der Rattenzungenmuskulatur in Bezug auf die Myofibrillen erkennen. Die Muskelzellen enthalten im Übersichtsbild vier wesentliche Elemente: 1. Myofibrillen, 2. Mitochondrien, 3. ein sarkoplasmatisches Retikulum, 4. Sarkoplasma.

Vergleicht man den Aufbau der Myofibrillen der Rattenzungenmuskulatur mit der in der Literatur beschriebenen Skelettmuskulatur (Huxley 1953, Bourne 1960), so weisen beide Muskelfasern die typische Segmentierung der quergestreiften Muskelzelle auf. Die massedichten Z - Streifen begrenzen jeweils eine Periode, welche sich in folgende Abschnitte aufteilt: Z-Streifen - isotropes I-Band - anisotropes A-Band - H-Band - M-Streifen - H-Band - anisotropes A-Band - isotropes I-Band. (Huxley and Hanson 1960)

Die elektronenmikroskopische Untersuchung ergibt weiterhin, daß die Myofibrillen aus parallel zueinander verlaufenden Elementar-

fibrillen (Bennet und Porter 1953), den Myofilamenten, zusammengesetzt ist. Das anisotrope A-Band enthält dicke, dem Myosin entsprechende Filamente mit einem Durchmesser von 100 Å. Die dünneren Filamente, die dem Actin entsprechen, bilden das isotrope I-Band und haben einen Durchmesser von 50 Å. Der Z-Streifen innerhalb des I-Bandes wird durch die Actinfilamente gegeben, die an der Sarkomergrenze aufgefiedert und miteinander verfilzt sind (Franzini-Armstrong and Porter 1964). An der Grenze zwischen A-Band und I-Band schieben sich die dünnen Actinfilamente in das Sarkoplasma zwischen den Myosinfäden. Sie sind dort, in der Überlappungszone, dem A-Band, miteinander verknüpft. Im zentralen M-Streifen sind die Myosinfäden mit im einzelnen noch nicht beschriebenen S-Filamenten verbunden (Huxley 1957).

Die quergetroffenen Myofibrillen zeigen eine kristalline hexagonale Packung der Filamente, die ein Verhältnis von Myosin zu Actin von 1:6 aufweisen. Die beobachteten Formen der Fibrillenquerschnitte lassen die Vermutung zu, daß sich zentral in der Muskelfaser poligonale

bis runde Fibrillenformen befinden, die sich eng an das sarkoplasmatische Retikulum schmiegen. Nach peripher hin nimmt das interfibrilläre Sarkoplasma zu, und die Fibrillen lagern sich zu Bändern zusammen.
Im Übersichtsbild fällt auf, daß die Anordnung der Muskelfasern nicht an eine bestimmte Richtung gebunden ist. Die Myofibrillen sind oftmals in allen Richtungen des Raumes getroffen. Diese dreidimensionale Packung der Fasern ermöglicht das hohe Maß an Verformung der Zunge.

Die längs- und quergetroffenen Mitochondrien scheinen Teile eines mitochondralen Gitternetzes zu sein, das sich kontinuierlich beiderseits des Z-Streifens wiederholt. (Bubenzer 1966) Der Innenbau der Mitochondrien zeigt eine nicht sehr ausgeprägte Innenmembran und daher auch nur locker gepackte Cristae mitochondrales. Daneben kommen auch Tubuli in den Mitochondrien vor. Auf Grund von Untersuchungen Palade's (1951) und Klingenbergs (1964) läßt sich als Maß der mitochondriengebundenen Fermente der

Differenzierungsgrad der Innenmembran benutzen. So kann von dem hohen Mitochondrienvolumen der Rattenzungenmuskulatur nur eine relativ kleine Enzymaktivität vorausgesetzt werden.

Das Auftreten von Tubuli in den Mitochondrien ist außergewöhnlich und kann deshalb im Rahmen dieser Arbeit nicht gedeutet werden. Den subsarkolemmal gehäuft auftretenden Mitochondrien wird als Energielieferant für die Muskeltätigkeit keine besondere Bedeutung beigemessen (Harmann und Feigelson 1952).

Das sarkoplasmatische Retikulum der Rattenzungenmuskulatur ist wie bei der Skelettmuskulatur gut ausgeprägt. Anordnung und Lokalisation sind regelmäßig in Höhe des AI-Bandes oder des Z-Streifen zu beobachten. Bei der Rattenzungenmuskulatur findet man das sarkoplasmatische Retikulum beiderseits des Z-Streifens. Es richtet sich nach der Lage der transversalen Tubuli des T-Systems (Porter and Palade 1957). Das T-System mit seinen Cisternen bildet die sogenannten Triaden, wie wir sie von der Skelettmuskulatur her kennen.

Das T-System beginnt als Invagination der Zellmembran in Höhe der Z-Streifen und leitet die Erregung der Zellmembran in die Tiefe des Sarkoplasmas (Huxley and Taylor 1958, Porter 1961). Die lateralen Cisternen der Triaden sind durch longitudinale Tubuli, dem L-System, miteinander verbunden. Sie haben die Aufgabe, die Erregung vom T-System weiter über die ganze Länge des Sarkomers zu leiten und sind im wesentlichen für Präzision und Vollständigkeit der Bildung des Aktomyosinkomplexes verantwortlich (Hasselbach 1963). Die Verbindung des T-Systems über die T-Invaginationen mit dem extracellulären Raum wurde durch die Serienschnitte (Anderson-Cedergren 1959) und durch Tracersubstanzen (Huxlex 1964) bewiesen. Die Anordnung der Strukturen der tubulären Systeme berechtigt zu der Annahme, daß man es hier mit vergleichbaren Elementen zu tun hat.

Die Frage nach der Verbindung von Skelettmuskelfasern und ihren Sehnen ist ein altes, vielbearbeitetes Thema der Histologie (Häggquist 1931, 1956). Erst mit dem Aufkommen des Elektronenmikroskopes konnten klare Aus-

sagen gemacht werden.

Die Myofibrillen der Skelettmuskelfasern setzen sich nicht kontinuierlich in das Sehnengewebe fort. Beide Elemente sind durch die Zellmembran voneinander getrennt. In den Muskelfaserenden finden sich Krypten und Falten, die von der Zellmembran umgeben sind. Die Zellmembran der Muskelfaser ist in ihrer gesamten Oberfläche von einer dünnen Schicht bindegewebiger Mikrofibrillen umgeben (Robertson 1956, Schwarzacher 1960). Das Mikrofibrillennetz verdichtet sich zum Muskelfaserende hin und umspinnt in dichter Anordnung die Fortsätze der Muskelfaser (Ruska 1954, Schwarzacher 1960).
Der Haftungsmechanismus der Mikrofibrillen des Sehnengewebes mit der Zellmembran soll entweder durch Kittsubstanz oder durch makromolekulare Kräfte erfolgen. Die Krypten und Fortsätze des Muskelfaserendes bedeuten eine Oberflächenvergrößerung der Zellmembran in diesem Teil und bieten folglich größeren Mikrofibrillenmassen Ansatzpunkte.

Die Muskelfaser-Sehnenverbindung der Rattenzungenmuskulatur unterscheidet sich wesentlich von der der Skelettmuskulatur. Zwar ist auch hier keine direkte Verbindung zwischen kontraktiler Substanz und Sehnengewebe zu erkennen, jedoch ist das Muskelfaserende der Zungenmuskulatur wesentlich einfacher gebaut. Die Myofibrillen verlieren sich in einem mit elektronendichten Granula gefüllten Konus, der von der glatten, faltenlosen Zellmembran umgeben ist. Extrazellulär lagern sich die Mikrofibrillen an der Zellmembran an und behalten ihre Struktur bis in Höhe des Myofibrillenansatzes. In diesem Bereich ziehen die kollagenen Fibrillen zu benachbarten Muskelfasern und sind als Zwischensehnen zu betrachten.

Nur das Muskelfaserende ähnelt der Muskelfaser-Sehnenverbindung des Skelettmuskels. Die Zwischensehnen, die die Zungenmuskelzellen untereinander verbinden, fehlen bei der Skelettmuskulatur. Desmosomen und andere Verbindungselemente wurden nicht gefunden. Das Interstitium ist von einer basalmembranähnlichen Substanz aufgefüllt, und die Zellen sind mit-

einander verkittet. An anderen Stellen sind die Basalmembranen benachbarter Muskelfasern miteinander verschmolzen. Durch diese gemeinsame Basalmembran der Muskelzellen ist ein einheitlicher physiologischer Aufbau der Rattenzunge gegeben. Die so verbundenen Muskelzellen sind unabhängig von der nervlichen Innervation jeder einzelnen Muskelfaser. Das bedeutet auch andererseits, daß die Zungenmuskulatur mit einem Minimum motorischer Innervation auskommt.

V. Zusammenfassung

Die Ultrastruktur der Rattenzungenmuskulatur wurde elektronenmikroskopisch untersucht und mit der Skelettmuskulatur verglichen. Dabei konnten nach dem beschriebenen elektronenmikroskopischen Präparationsverfahren folgende Ähnlichkeiten und Abweichungen festgestellt werden:

1. Der Aufbau der Myofibrillen und die Anordnung der Myofilamente entsprechen der Skelettmuskulatur. Ebenso stimmt die Gliederung der Sarkomere überein.
2. Die Muskelzellen der Rattenzunge unterscheiden sich durch einen größeren Mitochondrienreichtum. Ein bisher in der quergestreiften Muskulatur noch nicht beschriebener Mitochondrium-Mischtyp wird beobachtet. Es handelt sich um Mitochondrien vom Crista-Tubulustyp.
3. Das sarkoplasmatische Retikulum besteht wie bei der Skelettmuskulatur aus transversalen Tubuli (T-System) mit lateralen Bläschen und longitudinalen Tubuli (L-System). Auch hier ist das T-System mit dem Extrazellularraum verbunden. Die Basalmembran reicht über die T-Invagi-

nationen bis in das Zellinnere. Die Befunde zeigen, daß eine mögliche Verbindung zwischen T-System und L-System besteht.

4. Die Muskelfaser-Sehnenverbindung ähnelt nur am Faserende im Prinzip der Skelettmuskelfaser. Eine direkte Kontinuität von Myofibrillen und Sehnenfibrillen kann nicht festgestellt werden. Ausgeprägte Krypten und Falten fehlen, statt dessen bildet sich ein glatter Konus aus, der von der Zellmembran umgeben ist. Den Zwischensehnen entsprechende Strukturen bilden sich nur im Bereich des Konus aus. Ein Interstitium ist kaum festzustellen. Die benachbarten Muskelzellen sind durch eine gemeinsame Basalmembran verbunden.

Literaturverzeichnis

ANDERSON-CEDERGREN, E. Ultrastructure of motor end plate and sarcoplasmatic components of mouse sceletal muscle fibre as revealed by three-dimensional reconstructions from serial sections. J. Ultrastruct. Res., Suppl. 1, 1 - 199, (1959)

BARGMANN, W. Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1964, XV

BENNET, H.S. and PORTER, K.R. An electron microscope study of sectioned breast muscle of the domestic fowl. Amer. J. Anat., 93, 61 - 105, (1953)

BUBENZER, H.J. Die dünnen und die dicken Muskelfasern des Zwerchfells der Ratte. Z. Zellforsch., 69, 520 - 550, (1966)

CLARA, M. Entwicklungsgeschichte des Menschen 6. Auflage, 1967, Quelle und Meyer/Heidelberg

FAWCETT, D.W. Structural specialisations of the cell surface. In: Frontiers of cytology (ed. by Palay) Yale University Press, New York 1958

FRANZINI-ARMSTRONG, C. and PORTER, K.R.
The disc of sceletal muscle fibres
J. Cell. Biol. 22, 625 - 696 (1964)

The Z-Disc of sceletal muscle fibrills
Z. Zellforsch, 61, 661 - 672 (1964)

HÄGGQUIST, G.
Gewebe und Systeme der Muskulatur
In: von Möllendorff's Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen
Vol. II/3, 1931, Springer Verlag Berlin;
Vol. II/4 1956, Berlin - Göttingen - Heidelberg

HARMANN, J.W. and FEIGELSON, M.
The relationship of structure on oxidative phosphorylation in mitochondria of heart muscle.
Exp. Cell. Res., 3, 509 - 525 (1952)

HASSELBACH, W.
Mechanismen der Muskelkontraktion und ihre intrazelluläre Steuerung.
Naturwissenschaften, 50, 249 - 256 (1963)

HUXLEY, A.F. and TAYLOR, R.E.

Local activation of striated muscle fibres
J. Physiol., London, 144, 426 - 441 (1958)

Muscle structure and theories of contraction
Progr. Biophys. 7, 225 - 218 (1957)

HUXLEY, H.E.

Evidence for continuity between the central elements of the triads and extracellular space in frog sartorius muscle
Nature (London) 202, 1067 - 1071 (1964)

The double array of filaments in cross striated sceletal muscle.
J. biophys. biochem. Cytol.: 3, 613 - 648 (1957)

Electron microskope studies of the organisation of the filaments in striated muscle.

HUXLEY, H.E. and HANSON, J.

Structure and function of muscle
In: Bourne G.H., Vol I, 183 - 225 (1960)
Acad. Press, New York

LEONHARD, H — Histologie und Cytologie des Menschen
Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1971)

PALADE, G.E. — The fine structure of mitochondrion
Anat. Rec.: 114, 427 - 451 (1952)

PORTER, K.R. and PALADE, G.E. — Studies on the endoplasmatic reticulum. III. Its form and distribution in the striated muscle cells.
J. biophys. biochem. Cytol.: 3, 269 - 300 (1957)

ROBERTSON, J.D. — Some features of the ultrastructure of reptilian skeletal muscle.
J. biophys. biochem. Cytol.: 2, 369 - 380 (1956)

SCHWARZACHER, H.G. — Untersuchungen über die Skelettmuskel-Sehnenverbindung:
I. Elektronenmikroskopische Untersuchungen über den Feinbau der Muskelfaser-Sehnenverbindung
Acta anat. 40, 59 - 86 (1960a)
II. Die Form der Muskelfaserenden
Acta anat. 43, 144 - 157 (1960a)

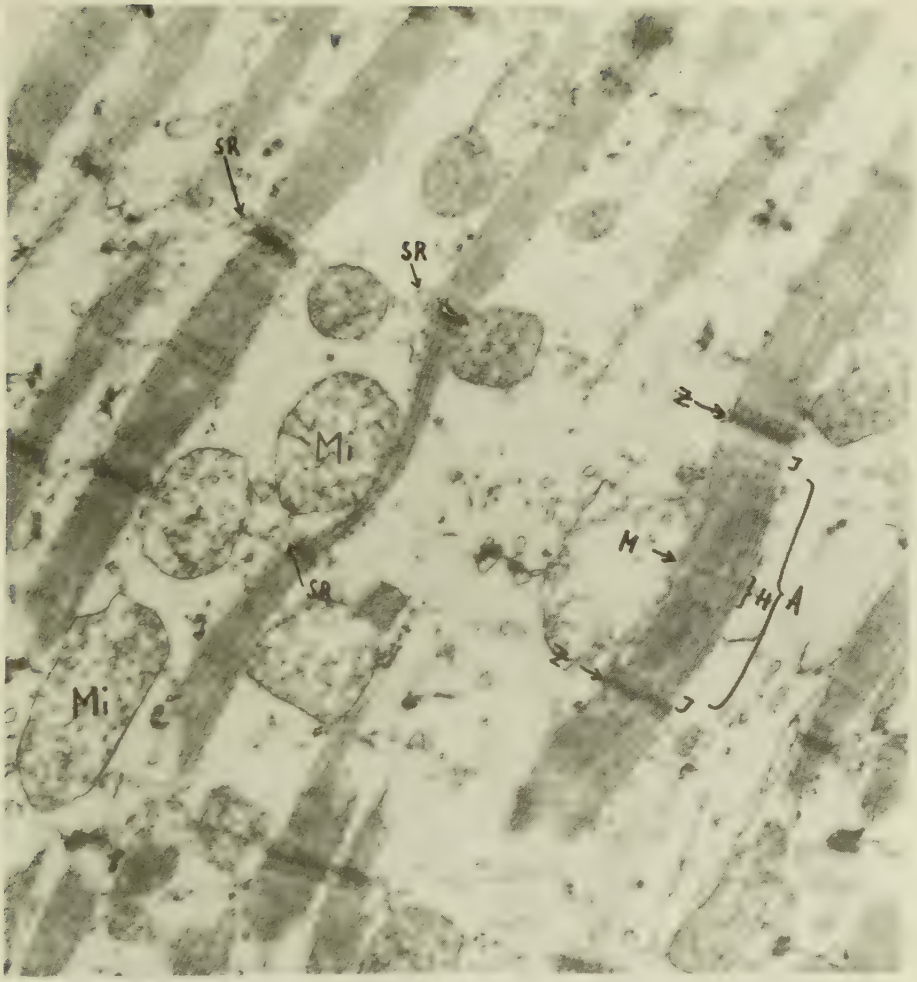

Abb. 1.: Die periodische Reihung der Sarkomere der Myofibrillen bei der Rattenzunge.
Z = Z-Streifen, I = I-Band, A = A-Band,
M = M-Streifen, (Mesophragma),
H = H-Zone, Mi = Mitochondrium,
SR = sarkoplasmatisches Retikulum
Vergrößerung 1 : 42000

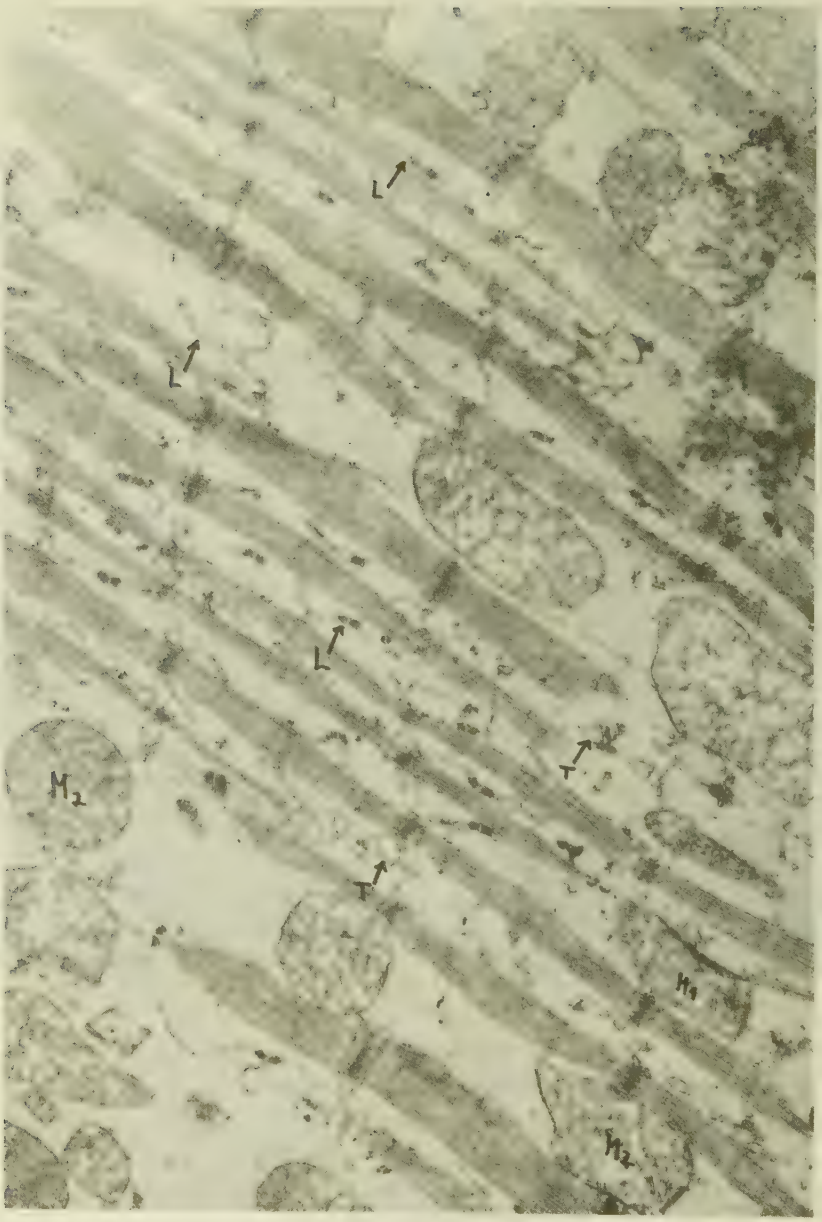

Abb. 2.: Die Mitochondrien zeigen im Inneren locker gepackte Cristae mitochondrales (Mi_1), Mitochondrien mit Cristae und Tubuli (Mi_2), L = longitudinales System, T = transversales System.
Vergrößerung 1 : 42000

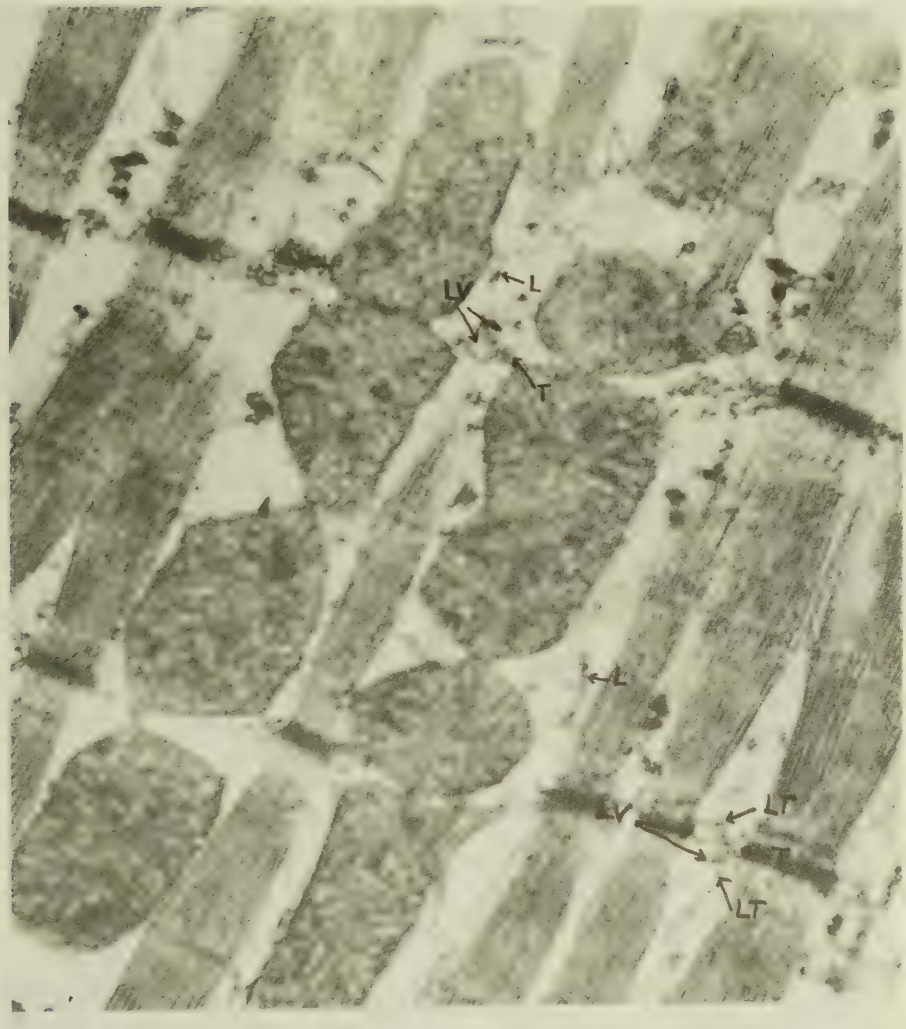

Abb. 3.: Längs- und quergetroffene Mitochondrien mit zwischen den abgeplatteten Mitochondrienpolen gelegenen T-System (T) und L-System (L), LV = laterale Vesikel des sarkoplasmatischen Retikulums, LT = dichte Aneinanderlagerung von L- und T-System.

Vergrößerung 1:70000

Abb. 4.: Querschnitte der Myofibrillen der Rattenzungenmuskulatur. Es zeigt sich eine hexagonale Packung der Aktin- und Myosinfilamente. T = transversales System, L = longitudinales System, Mi = Mitochondrien.

Vergrößerung 1 : 63000

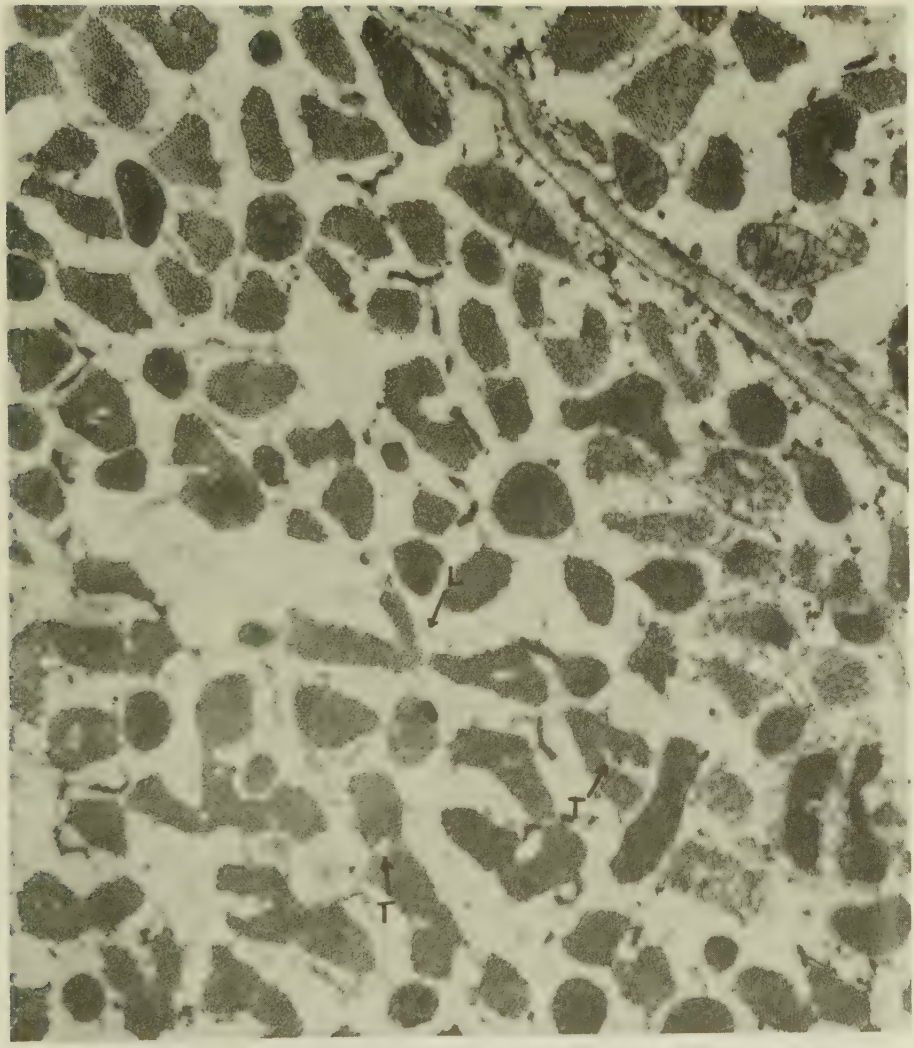

Abb. 5.: Bandförmige und U-förmige Myofibrillenquerschnitte mit transversalen Tubuli (T) und L = L-System im intrafibrillären Protoplasma.

Vergrößerung 1 : 35000

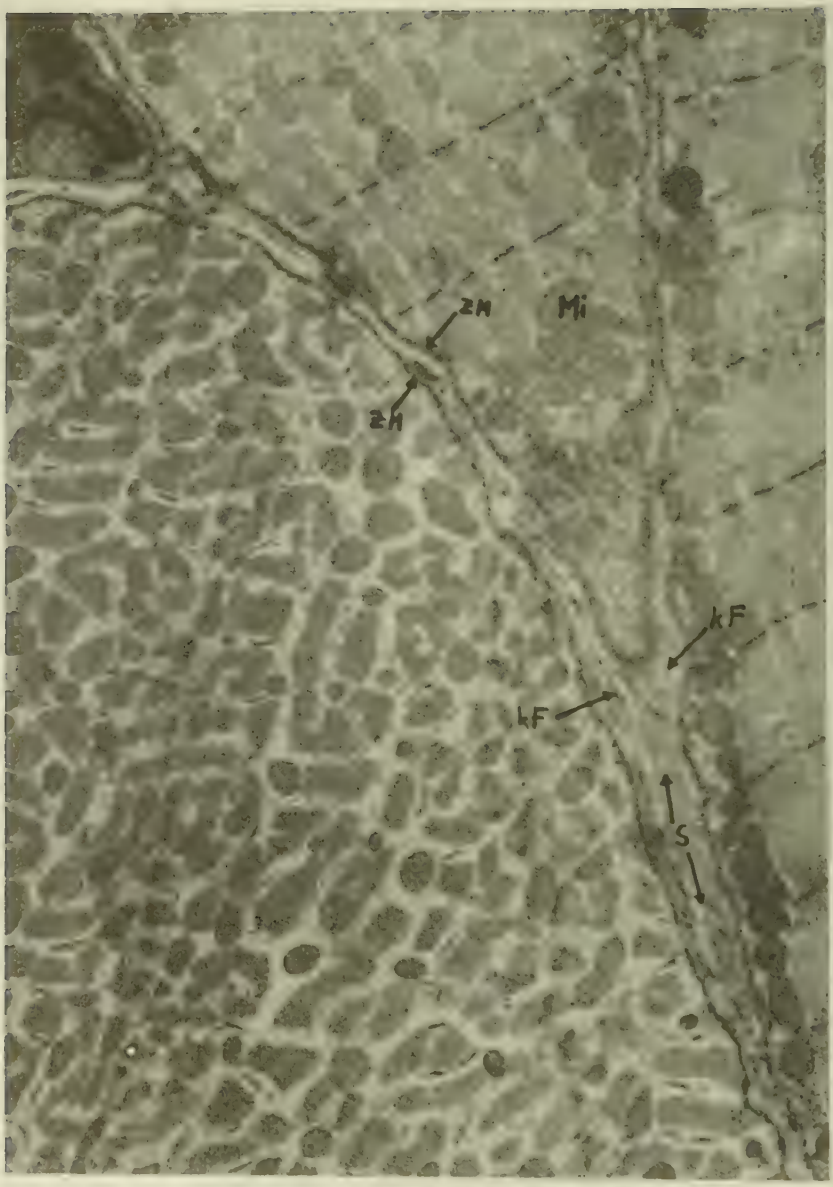

Abb. 6.: Muskelfaserende der Rattenzungenmuskulatur. K = Konus mit elektronendichten Granula gefüllt, ZM = Zellmembran, kF = kollagene Fibrillen, S = Sehne, Mi = Mitochondrien.

Vergrößerung 1 : 21000

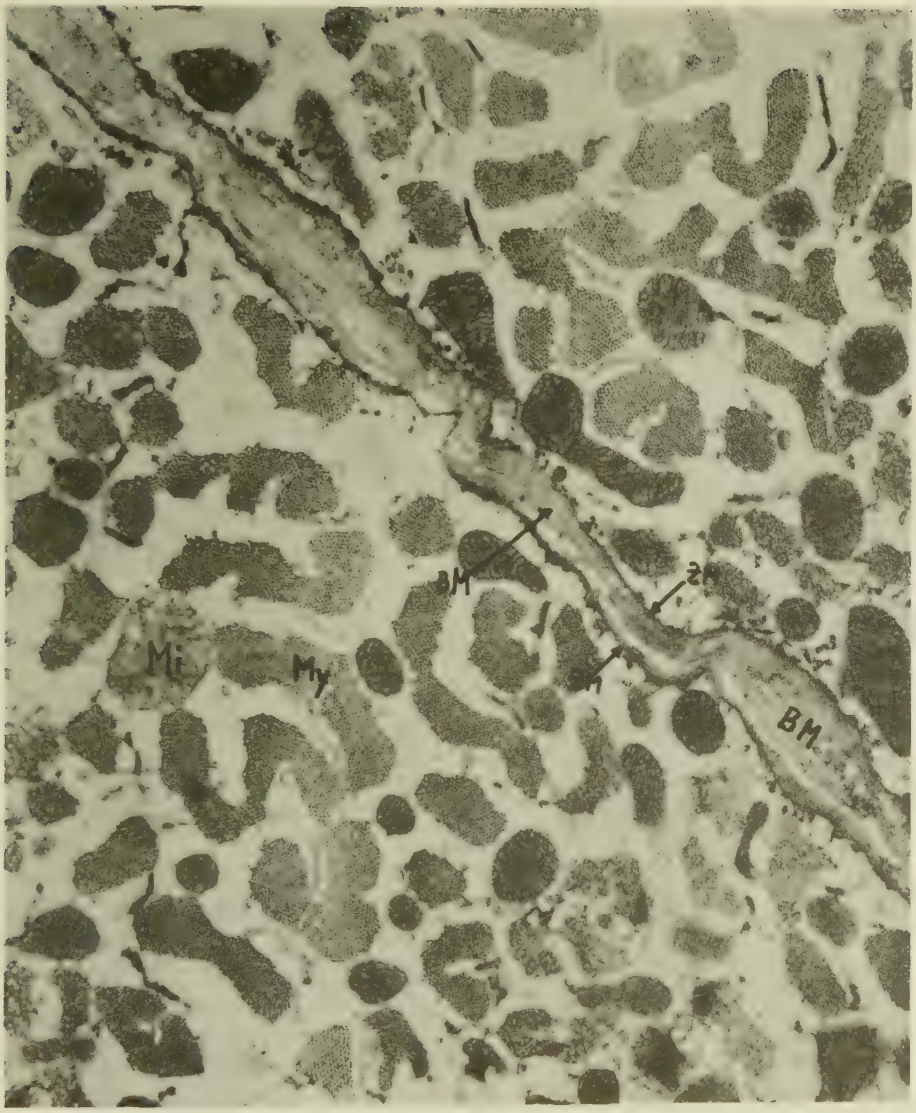

Abb. 7.: Verkittung zweier Muskelzellen durch
eine gemeinsame Basalmembran.
ZM = Zellmembran, BM = Basalmembran,
My = quergetroffene Myofibrillen,
Mi = Mitochondrien.

Vergrößerung 1 : 35000

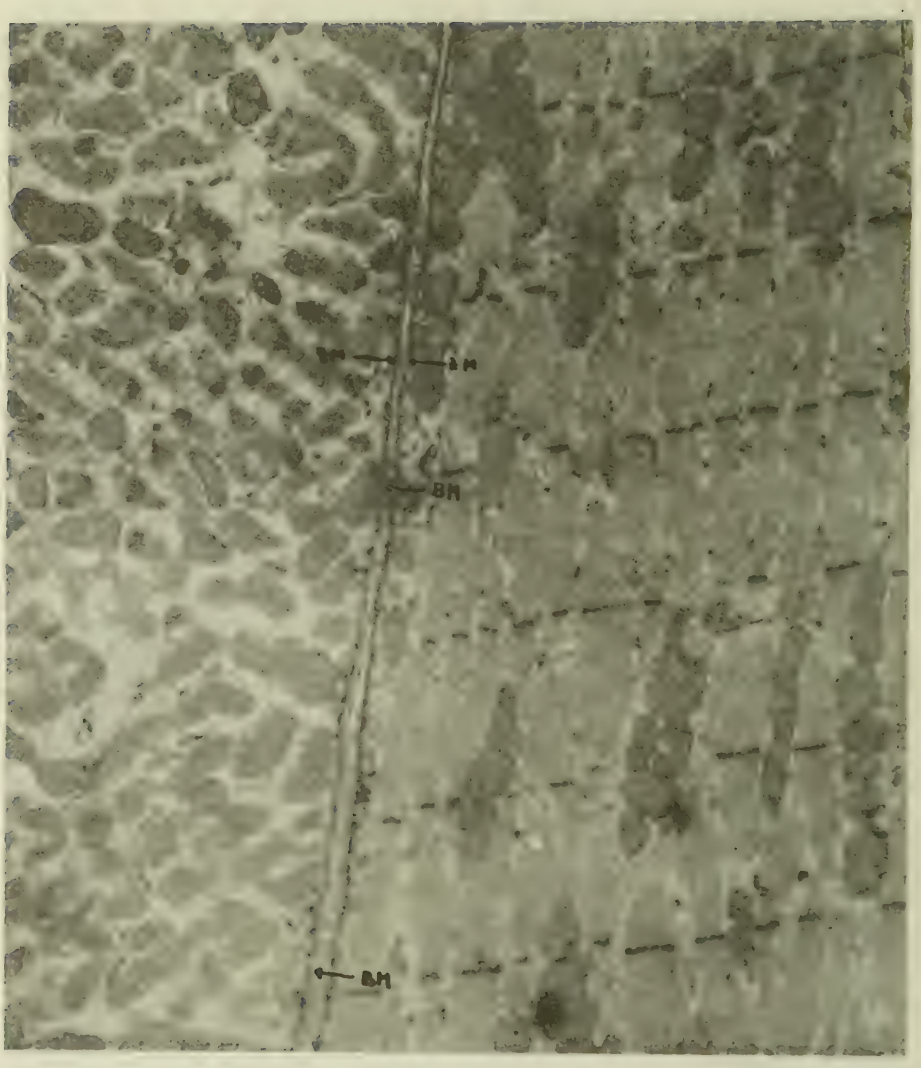

Abb. 8.: Verkittung zweier Muskelzellen (rechts mit längsgetroffenen Myofibrillen, links mit quergetroffenen Myofibrillen) durch eine gemeinsame Basalmembran.
ZM = Zellmembran, BM = Basalmembran

Vergrößerung 1 : 21000

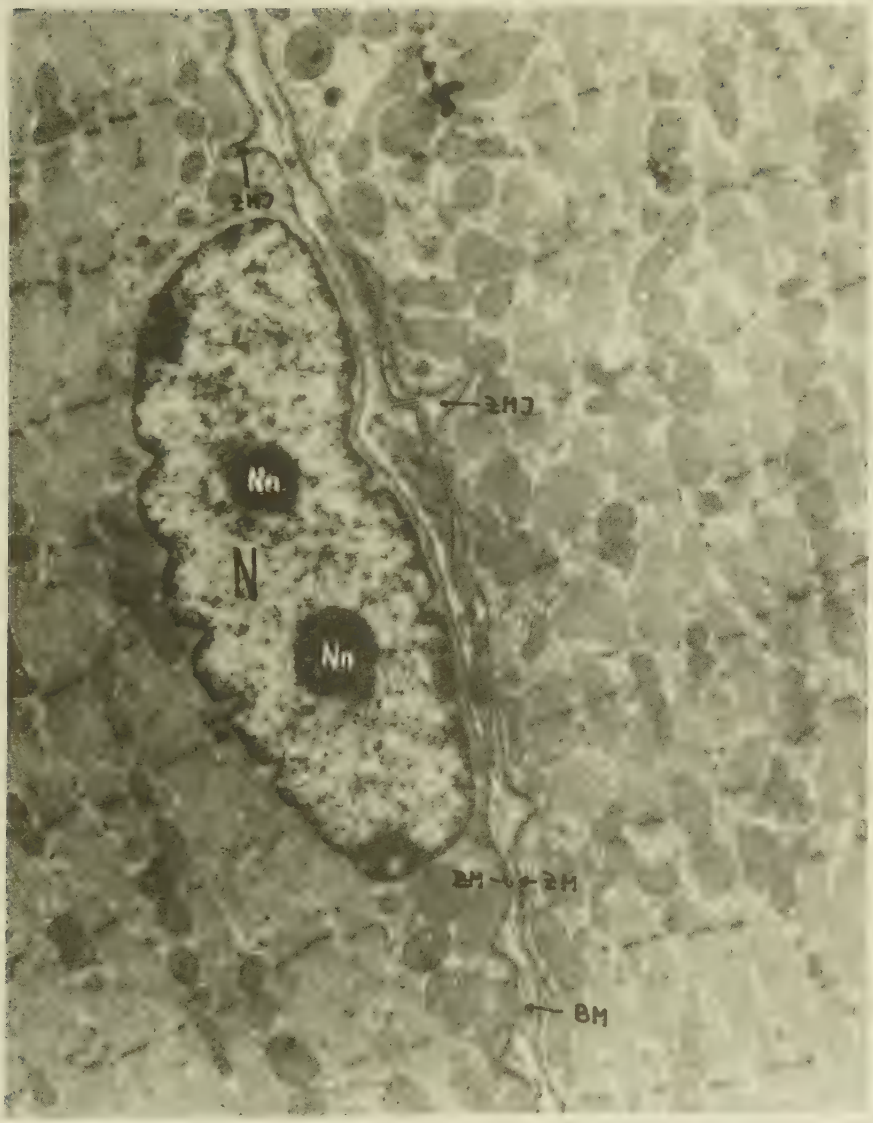

Abb. 9.: Zellmembraninvaginationen des T-Systems (ZMI). Die Myofibrillen sind längs und schräg getroffen. N = Nukleus, Nn = Nukleoli, ZM = Zellmembran, BM = Basalmembran.

Vergrößerung 1 : 21000

Herrn Professor Dr. med. W. Schwarz
danke ich herzlich für die Überlassung
des Themas und für die freundliche Hilfe
bei der Durchführung dieser Arbeit.

Lebenslauf

Am 9. April 1942 wurde ich als Sohn des Paul Dressler und seiner Ehefrau Käthe, geb. Klemm, in Mellensee / Mark Brandenburg geboren.

In Mellensee besuchte ich von Herbst 1948 bis Herbst 1956 die Volksschule. Nach der Flucht aus der SBZ am 9.9.1956 kam ich in die Gebeschus-Schule (Volksschule) in Hanau/M. Ostern 1957 wechselte ich zum Aufbaugymnasium mit Internat in Friedberg/ Oberhessen über. Von Herbst 1960 bis zum 12.2.1965 besuchte ich die Hohe Landesschule in Hanau/M., die ich mit dem Reifezeugnis verließ.

Nach zweijähriger Dienstzeit in der Fallschirmtruppe der Bundeswehr immatrikulierte ich mich an der Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt/M. Im Sommersemester 1968 wurde ich Mitglied der Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin, um Zahnheilkunde zu studieren.

Die Zahnärztliche Vorprüfung bestand ich am 12.10.1970. Das Zahnmedizinische Staatsexamen legte ich am 9.7.1973 mit der Note "gut" ab.